Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
(Leiter: Prof. Dr. med. dent. K. Eichner)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin

Untersuchungen über das Craquelieren von zwei Silikatzementen in Abhängigkeit von Konsistenz, Temperatur, Prüfkörpergrösse, Abdeckung und Zeit

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der ehemaligen
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Günter Pistorius
aus Goldberg

1970

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
(Leiter: Prof. Dr. med. dent. K. Eichner)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin

Untersuchungen über das Craquelieren von zwei Silikatzementen in Abhängigkeit von Konsistenz, Temperatur, Prüfkörpergrösse, Abdeckung und Zeit

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der ehemaligen
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Günter Pistorius
aus Goldberg

Ehemaliger Dekan:	Professor Dr. med. Herbert L a x
Referent:	Professor Dr. med. dent. Karl E i c h n e r
Korreferent:	Professor Dr. med. Dr. med. dent. Raimund H a r n d t

UNIV. LEIDEN BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der ehemaligen Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 4.11.1970

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

		Seite
A	Einleitung	7
B	Hauptteil	8
I	Literaturübersicht	8
II	Eigene Untersuchungen	13
	a. Untersuchungsmethode	13
	1. Allgemeines	13
	2. Darstellung der Craquelierungen	13
	3. Verwendete Silikatzemente	16
	4. Pulver-Flüssigkeits-Verhältnis	16
	5. Temperatur	17
	6. Prüfkörpergrösse	17
	7. Abdeckung	19
	8. Zeit	19
	b. Durchführung der Versuche	20
	1. Versuchsvorbereitungen	20
	1.1 Untersuchungsmaterial	20
	1.2 Untersuchungsklima	20
	1.3 Vorversuche	21
	1.4 Bestimmung der Standardkonsistenz	21
	1.5 Bestimmung der Härtungszeit	22
	2. Prüfung auf Craquelé	23
	2.1 Prüfkörperherstellung	23
	2.2 Untersuchung der Prüfkörper	24
	c. Ergebnisse	27
III	Diskussion der Ergebnisse	35
C	Zusammenfassung	39
D	Literaturnachweis	41
E	Lebenslauf	46

A Einleitung

Vor knapp 70 Jahren hat der Silikatzement als Füllungsmaterial für Frontzähne Eingang in die Zahnheilkunde gefunden. Seitdem wird ständig daran gearbeitet, seine Qualität in technischer und ästhetischer Hinsicht zu verbessern. Wegen seiner Pulpenschädlichkeit und Löslichkeit ist der Silikatzement immer wieder grosser Kritik ausgesetzt.

Seit einiger Zeit wird nun auch die Frage der Craquelé-Entstehung, wie die feine Rissbildung in Silikatzementoberflächen genannt wird, diskutiert. Besonders aktuell ist diese Frage, nachdem die Firma De Trey die Craquelé-Festigkeit ihres neuen Silikatzementes Bio-trey als grossen Vorzug hervorgehoben hat. Daher interessiert jetzt, unter welchen Bedingungen Craquelierungen überhaupt entstehen können. Sie bilden den Anlass zu dieser Untersuchung.

In der vorliegenden Arbeit werden in Abhängigkeit von Konsistenz, Temperatur, Prüfkörpergrösse, Abdeckung und Zeit zwei Silikatzemente im Laboratorium auf ihre Craquelé-Festigkeit untersucht.

Zur Untersuchung gelangen:

Achatit biochromatic	(Vivadent)
Bio-trey	(De Trey)

B Hauptteil

I Literaturübersicht

1878 stellt FLETCHER zum ersten Male aus Phosphorsäure und einer feingemahlenen Schmelze von einem Gemisch aus Kalk (1 Teil), Kieselerde (3 Teile) und Tonerde (6 Teile) einen Zement her, der dem Wunsche nach einer zahnfarbenen und transparenten Füllung entspricht. Aus unbekannten Gründen wird dieser Zement in der zahnärztlichen Praxis jedoch kaum verwendet. Als ASCHER und STEENBOCK ihren "künstlichen Zahnschmelz" auf den Markt bringen, folgen bald darauf weitere Silikatzemente wie "Porzellanoid", "Harvadid" und "Synthetic".

Dabei wird eine ständige Materialverbesserung angestrebt. Faserarmierte und mechanisch anmischbare, in Kapseln vordosierte, und neuerdings auch "craquelé-freie" Silikatzemente finden dabei Verwendung und werden als Qualitätssteigerung angesehen. Obwohl die Literatur über dieses Thema gross ist, lassen sich jedoch nur wenige Angaben über das Craquelieren von Silikatzementen finden.

DREYER-JØRGENSEN (3) sieht in der Austrocknung und der damit bedingten Schrumpfung der Füllungsoberfläche die Ursache für mikroskopische Defekte und makroskopische Rissbildungen. In einer späteren Veröffentlichung (4) macht er den Typ des angewendeten Matrizenmaterials für das Craquelieren verantwortlich und stellt gleichzeitig

fest, dass sich craquelierter Silikatzement wesentlich leichter verfärbt als nicht craquelierter. In seiner 1969 erschienenen Publikation (5) führt er an, dass die untersuchten Silikatzemente eine latente Neigung zur Craquelierung unmittelbar nach Entfernung der Matrize zeigen. Zwischen dem Verhalten des Zementes im Laboratorium und in der Klinik kann von DREYER-JØRGENSEN keine Diskrepanz bemerkt werden. Zur Vermeidung von Craquelierungen schlägt der Autor vor, keinen Kofferdam zu legen und entweder gar keine Matrizen oder an Stelle der üblichen Matrizen aus Zelluloid, Zelluloseazetat oder Metall Cellophanmatrizen zu verwenden.

RIEDEL und VAHL (25) sind der Meinung, dass die von ihnen beschriebenen Spalten und Risschen durch Austrocknung bedingt seien und von eingelagerten Fasern und Lunkern im Zement ausgingen.

RIETHE und LÄMMER (20, 26) stellen fest, dass die Hitzeentwicklung beim trockenen Polieren zu Spannungsrissen, die sich negativ auf die Oberflächenqualität und Haltbarkeit der Füllung auswirken, führen.

Ebenfalls in der Erwärmung über 37° C sient MAEGLIN (21) die Ursache für das Auftreten von Rissen in den Silikatzementen. Er rät daher davon ab zu versuchen, den Abbindevorgang des Zementes mit Warmluft zu beschleunigen, da Sprünge das Aussehen und die Haltbarkeit der Füllung un-

günstig beeinflussen.

In einer gemeinsamen Arbeit machen EICHNER, LAUTENSCHLAGER und VON RADNOTH (13) die von Furchen und Sprüngen ausgehenden Erosionen für die Löslichkeit der Silikatzemente verantwortlich. In einer früheren Veröffentlichung hat EICHNER (9) die auf einigen Abbildungen erkennbaren Risse nicht besonders hervorgehoben. In einer neueren klinischen Untersuchungsreihe über "getragene" Silikatzementfüllungen, die unterschiedliche Liegedauer und verschiedene Fabrikate betrifft, kann EICHNER (12) auf keiner Oberfläche Craquelierungen feststellen und bezeichnet daher dieses Phänomen als reinen Laboreffekt. Auch im neuerdings angewendeten "simulierten klinischen Test" (Lagerung der Prüfkörper bei 37° C und 100 %iger Luftfeuchtigkeit) kann EICHNER (12) keine Risse oder Sprünge bei Bio-trey nachweisen. Bei seinen Untersuchungen unter Laborbedingungen (20-23° C, 50-60 %ige Luftfeuchtigkeit) über die Abhängigkeit der Craquelé-Entstehung von Feuchtigkeit, Temperatur der Umgebung und der Prüfkörperform, Grösse des Prüfkörpers und Zeit der Untersuchung nach Beginn des Anmischens werden dagegen auch bei Bio-trey Craquelierungen gefunden (12).

In der Veröffentlichung EIFINGERs (14) über die Politur plastischer Füllungsmaterialien sind auf den Abbildungen, die nach der Adhäsionsreliefmethode von im Munde befindlichen Füllungen gemacht worden sind, keine Sprünge oder Risse zu erkennen.

BAUMANN (1) meint, dass die Craquelé-Bildung von der Prüfkörperdimension abhänge und dass durch genügend lange Liegedauer der Strip-Auflage bei verschiedenen Zementsorten Craquelé-Freiheit erreicht werden könne. 1969 untersucht er zusammen mit BEHAM (2) den Einfluss der Feuchtigkeit auf das Craquelieren von Silikatzementen. Dabei zeigt er an mehreren Fabrikaten (Achatit biochromatic, Bio-trey, S.S. White MQ, Super Syntrex), dass bei der Strip-Abnahme Rissbildungen durch ein grösseres Dampfdruckgefälle (grösser als etwa 30 Torr) auftreten können, die sich beim Weglassen des Strips nicht zeigen sollen.

DRUM (6) sieht ebenfalls in dem bei der Abnahme des Streifens entstehenden Feuchtigkeitsgefälle die Ursache für die Craquelé-Bildung.

Als Fortschritt im Bereich zahnärztlicher Füllungsmaterialien wird Bio-trey von HATTEMER, A.J. und HATTEMER, W.N. (18) gewertet, da die Autoren mit der Craquelé-Festigkeit gleichzeitig die Widerstandsfähigkeit gegen Auswaschung, Verfärbung und bakteriellen Angriff verbinden.

Auch von KIMMEL (19) wird die Craquelé-Festigkeit des Biotrey als Grund für die Farbbeständigkeit dieses Zementes angesehen. Als weiteren Vorteil verzeichnet er die Erfüllung der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 (16) trotz der veränderten Materialeigenschaften.

Die Untersuchungen von SCHROEDER und MÜHLEMANN (28) zei-

gen bei Super Syntrex eine von Rissen durchzogene Oberfläche, während die Oberfläche von Bio-trey homogen und völlig rissfrei ist.

FRITZ und KETTERL (17) können bei ihren Untersuchungen über einen faserhaltigen und einen faserfreien Silikatzement keine eindeutige Überlegenheit des einen oder des anderen Materials beobachten.

Die Wichtigkeit der Prüfung zahnärztlicher Werkstoffe wird in EICHNERs Veröffentlichungen immer wieder betont (7, 8, 9, 11). Auch wird darin auf die Vorteile genormter Vergleichsmöglichkeiten, wie sie die F.D.I.-Spezifikationen darstellen, hingewiesen (9).

VIOHL (29) beschreibt ebenfalls, wie wichtig Prüfverfahren sind, die reproduzierbare Ergebnisse liefern. Er hält die F.D.I.-Spezifikationen für die geeignetsten Prüfungsvorschriften, die im Augenblick für zahnärztliche Werkstoffe vorhanden sind.

II Eigene Untersuchungen

a. Untersuchungsmethode

1. Allgemeines

Die Untersuchung zahnärztlicher Werkstoffe und Füllungsmaterialien kann sowohl im Laboratorium als auch in Form von klinischen Tests durchgeführt werden. Wertvoller sind Nachuntersuchungen im Patientenmund, da sie den Realitäten entsprechen, jedoch benötigt man, will man exakte klinische Ergebnisse erhalten, eine grosse Anzahl von Probanden und eine lange Kontrollzeit.

Um unvermeidliche individuelle Unterschiede bei Patienten auszuschliessen, greift man auf Laboruntersuchungen zurück, die ausserdem den grossen Vorteil der Reproduzierbarkeit bieten. Es wäre aber falsch, einen Werkstoff allein nach den Ergebnissen von Laborexperimenten zu beurteilen, denn diese entsprechen nur bedingt den klinischen Verhältnissen.

Um der ständig steigenden Zahl von zahnärztlichen Werkstoffen gerecht zu werden, sind genormte Laboruntersuchungen und Prüfungsvorschriften erforderlich. Für die vorliegende Arbeit wird zur Bestimmung der Standardkonsistenzen und Härtungszeiten die F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 angewendet.

2. Darstellung der Craquelierungen

Zur Sichtbarmachung und mikroskopischen Nachuntersuchung

von feinsten Rissen und Sprüngen gibt es zwei Verfahren: Man kann den Prüfkörper, wie von BAUMANN (1) empfohlen, mit einem geeigneten Farbstift anfärben. Treten Risse auf, so füllen sie sich mit dem Farbstoff und sind auf diese Weise leicht erkennbar.

Die zweite Methode zur Untersuchung einer Silikatzementoberfläche stellt die 1939 von WOLF (30) in die Zahnheilkunde eingeführte Adhäsionsreliefmethode (Replika-Technik) dar. Sie ist später von PANTKE (23) (1956) und von EIFINGER (15) (1963) verbessert worden.

Nach dieser Methode lassen sich sowohl von im Munde befindlichen Füllungen als auch von im Labor hergestellten Prüfkörpern gute Abdrücke anfertigen, die man dann unter dem Mikroskop miteinander vergleichen kann. Bei den dieser Arbeit zugrunde liegenden Versuchen wird das japanische Material Bioden R.F.A., eine Zelluloseazetat-Folie, benutzt, das sich durch besonders hohe Wiedergabetreue auszeichnet (24) und somit zur Darstellung von Craquelés geeignet ist. Als Beweis für ihre Abdruckgenauigkeit wird die Bioden-Folie nach Abdruck einer völlig glatten Oberfläche (Glasplatte) dargestellt. Sie weist bei der mikroskopischen Betrachtung keinerlei Eigenstruktur oder Reliefzeichnungen auf (Abb. 1).

Zur Abdrucknahme wird die Zementoberfläche mit wasserfreiem Aceton benetzt und eine der in Rechtecke von

5-6 mm Seitenlänge geschnittenen Bioden-Folien vorsichtig daraufgelegt. Diese wird vom Aceton angelöst und passt sich genau dem Oberflächenrelief des Silikatzementes an. Nach ungefähr fünf Minuten kann die angetrocknete Folie entfernt werden, indem man sie mit einer spitzen Pinzette, an einem Zipfel beginnend, abzieht. Es entsteht ein lichtdurchlässiger Adhäsionsreliefabdruck, der sich leicht unter dem Mikroskop durchmustern lässt. Die zur photographischen Darstellung verwendeten Abdrücke werden auf einem Objektträger mit beidseitig haftender Klebefolie an den Rändern fixiert und mit einem Deckglas abgedeckt. Die Herstellung der Bilder erfolgt im Zeiss Ultraphot II, wobei die Aufnahmen bei 80-facher Vergrösserung im durchfallenden Licht gemacht werden (Abb. 3-8).

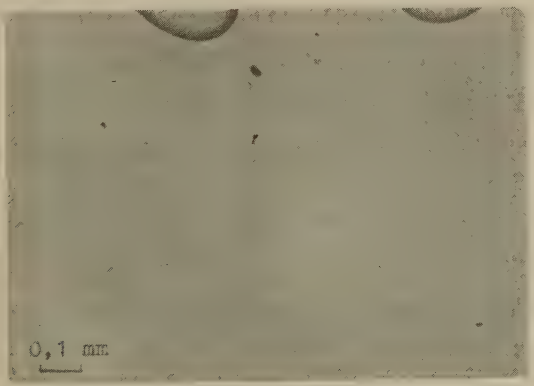


Abb. 1: Bioden-Folie nach Abdruck einer Glasplatte bei 80-facher Vergrösserung. Am oberen Bildrand sind zwei im Abdruck eingeschlossene Luftblasen erkennbar.

3. Verwendete Silikatzemente

Nachdem durch EICHNER (12) festgestellt worden ist, dass es sich bei den Craquelierungen um einen Laboreffekt handelt, der im Munde, also unter klinischen Verhältnissen, offensichtlich nicht auftritt, gilt es herauszufinden, unter welchen Bedingungen er entsteht.

Hierfür kommen verschiedene Faktoren in Betracht. Es werden daher einige mögliche Einflüsse in Abhängigkeit vom Pulver-Flüssigkeits-Verhältnis, von der Umgebungstemperatur der Prüfkörper, von der Prüfkörpergrösse, von der Abdeckung während des Abbindens und vom Zeitpunkt der Untersuchung nach Beginn des Anmischens untersucht.

Für die Versuche werden die beiden Silikatzemente Achatit biochromatic (Vivadent) und Bio-trey (De Trey) benutzt. An Stelle des von BAUMANN (1) vorgeschlagenen Silicap (Vivadent) wird Achatit biochromatic verwendet, da es, ebenfalls wie Bio-trey, mit der Hand angemischt werden muss und somit eine bessere Vergleichsmöglichkeit bietet.

4. Pulver-Flüssigkeits-Verhältnis

Für die Untersuchungen bei verschiedenem Pulver-Flüssigkeits-Verhältnis werden die Standardkonsistenz nach der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 sowie eine dickere und eine dünnere Mischung gewählt. Obere und untere Grenzen des Mischungsverhältnisses werden dabei von der Verarbeitungsmöglichkeit bestimmt, jedoch ist eine Abweichung von der

Standardkonsistenz um ± 0,20 g Pulver, entsprechend den Untersuchungen von MEYER (22) möglich. Dabei erhält man eine klinisch gerade noch verarbeitbare Mischung, während die Standardkonsistenz eine klinisch durchaus übliche Konsistenz darstellt (22).

5. Temperatur

Die verschiedenen Temperaturen, die für die Versuche vorgesehen sind, können an dem Thermostaten der Feuchtluftkammer, in die die gefüllten Prüfkörperformen nach Beendigung des Anmischens eingebracht werden, eingestellt und durch ein Thermometer kontrolliert werden. Die Untersuchungen werden bei Labortemperatur (23 ± 1° C, entsprechend der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5), Körpertemperatur (37 ± 1° C, entsprechend der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5) und einer dazwischen liegenden Temperatur von 30 ± 1° C durchgeführt. Dabei beträgt die relative Luftfeuchtigkeit stets 95-100 %.

6. Prüfkörpergrösse

Da auch die Menge des abbindenden Silikatzementes wegen der exothermen Reaktion von Bedeutung sein kann, werden Prüfkörperformen von zwei verschiedenen Grössen benutzt. Ein Prüfkörper von 1,5 mm Dicke und 20 mm Durchmesser, wie ihn die F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 zur Löslichkeitsbestimmung vorschreibt, entspricht nicht den klinischen Verhältnissen, da die dazu benötigte Menge Silikatzement die für eine normale Frontzahnfüllung erforderliche Por-

tion bei weitem überschreitet. Daher wird nach einem Vorschlag von BAUMANN (1) noch ein zylindrischer Prüfkörper von 3 mm Durchmesser und 1,5 mm Dicke hergestellt, der den Dimensionen einer Silikatzementfüllung eher entspricht. Die dafür notwendigen Prüfkörperformen werden aus Delrin (Du Pont) angefertigt, einem Kunststoff, der gegen mechanischen und chemischen Angriff in weitem Temperaturbereich beständig und härter als Nylon ist (27). Von einer ca. 5 cm langen Stange Delrin mit dem Durchmesser von 1 cm werden mehrere, etwa 1,6 mm dicke Scheiben abgeschnitten, auf 1,5 ± 0,05 mm parallel geschliffen und mit einer Bohrung von 3 ± 0,02 mm Durchmesser versehen. Für die Herstellung der grossen Prüfkörper werden Spaltringe aus rostfreiem Stahl mit dem inneren Durchmesser von 20 ± 0,01 mm und der Höhe von 1,5 ± 0,01 mm, wie sie in der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 angegeben sind, benutzt (Abb. 2).

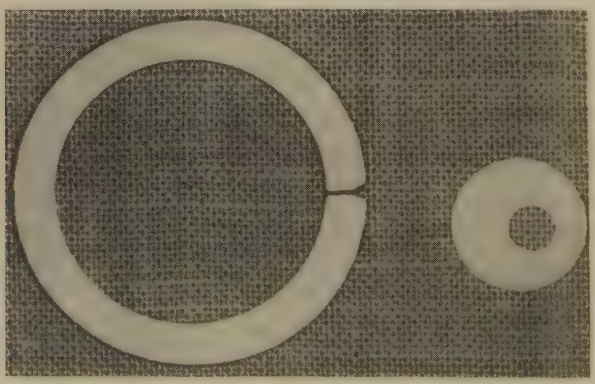


Abb. 2: Grosse Prüfkörperform aus Stahl (Spaltring mit dem inneren Durchmesser von 20 mm und 1,5 mm Höhe) und kleine Prüfkörperform aus Kunststoff (mit dem inneren Durchmesser von 3 mm und 1,5 mm Höhe) in 2,5-facher Vergrösserung

7. Abdeckung

Da nach BAUMANN und BEHAM (2) die Vermutung nahe liegt, dass Craquelierungen durch das Dampfdruckgefälle, das bei der Abnahme der Strip-Auflage zustande kommt, entstehen, werden alle Versuche mit und ohne Abdeckung durchgeführt. Zur Abdeckung der Prüfkörper wird Polyäthylenfolie verwendet, die wasserunlöslich und wasserundurchlässig ist (27).

8. Zeit

Ein weiterer einflussnehmender Faktor ist der Zeitpunkt der Untersuchung nach Beginn des Anmischens. Daher erfolgt die Entnahme der Prüfkörper aus der Klimakammer jeweils im Abstand von zwei Minuten. Werden in einem bestimmten Zeitintervall Craquelierungen gefunden, so werden in diesem betreffenden Zeitraum die Versuche noch einmal in einminütigem Abstand wiederholt.

b. Durchführung der Versuche

1. Versuchsvorbereitungen

1.1 Untersuchungsmaterial

Bei beiden Fabrikaten ist das Pulver frei von Verunreinigungen und wird in 300 ccm fassende Glasbehälter mit dichtem Schraubverschluss gefüllt. Nach visueller Prüfung der Flüssigkeiten auf Klarheit und Ablagerungsfreiheit werden sie in jeweils 100 ccm fassenden, mit eingeschliffenen Glasstöpseln versehenen Flaschen aufbewahrt, wie es die F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 vorschreibt. Die Menge der Flüssigkeiten ist so bemessen, dass jeweils 20 % des Flascheninhaltes als Überschuss verworfen werden können. Dieser Überschuss ist erforderlich, damit ein sich eventuell bildender Bodensatz in der Flasche verbleibt und Konzentrationsänderungen durch Wasseraufnahme oder -abgabe weitgehend vermieden werden.

1.2 Untersuchungsklima

Die Untersuchungen sind in einem Arbeitsraum erfolgt, der eine ständige Temperatur von 23 ± 1° C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 55 bis 60 % aufweist. Damit wird den F.D.I.-Bestimmungen, die zur Prüfkörperherstellung eine Raumtemperatur von 23 ± 2° C und eine relative Feuchte von 55 bis 75 % fordern, entsprochen. Temperatur und Feuchtigkeit werden durch eine automatisch geregelte Klimaanlage genau eingehalten. Sie können ausserdem durch mehrere, am Arbeitsplatz aufgehängte Thermometer und zwei

Thermohygrographen kontrolliert werden. In diesem klimatisierten Raum werden auch die oben erwähnten Pulver- und Flüssigkeitsbehälter sowie sämtliche zur Versuchsdurchführung benötigten Anrührplatten, Achatspatel, Glasplättchen, Schraubzwingen, Prüfkörperformen etc. und das Replika-Abdruckmaterial aufbewahrt.

1.3 Vorversuche

Zur Erlernung einer möglichst gleichmässigen Anrührtechnik sind Vorversuche durchgeführt und dabei zur Selbstkontrolle wiederholt die Standardkonsistenzen verschiedener Silikatzemente geprüft worden.

1.4 Bestimmung der Standardkonsistenz

Erst, nachdem eine gewisse Übung und Gleichmässigkeit erreicht worden ist, ist die Bestimmung der Standardkonsistenz der zwei zu untersuchenden Fabrikate nach der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 erfolgt:

Auf 0,01 g genau abgewogene Mengen Pulver werden jeweils mit 0,40 ± 0,01 ml Flüssigkeit vermischt und in eine Glasröhre von 10 mm lichtem Durchmesser gefüllt. Das vorgeschriebene Volumen von 0,50 ml wird vorher mit einem Messstöpsel festgelegt und mit einem Kolben auf eine Glasplatte entleert. Zwei Minuten nach Beginn des Anmischens wird eine zweite Glasplatte, die mit dem Gewicht des Prüfapparates eine Gesamtbelastung von 2500 g ergibt, vorsichtig auf dem weichen Zement niedergelassen.

Zehn Minuten nach Mischungsbeginn wird der Durchmesser der entstandenen Zementscheibe gemessen. Ist er grösser als 25 ± 1 mm, so ist die Konsistenz zu dünn, ist er kleiner, so ist die Konsistenz zu dick gewählt. Dementsprechend muss der beizumengende Pulveranteil variiert werden. Die Standardkonsistenz ist ermittelt, wenn bei drei wiederholten Bestimmungen die durchschnittliche Länge des grösseren und kleineren Durchmessers der Zementscheibe 25 ± 1 mm beträgt.

Sie ergibt bei den zu untersuchenden Fabrikaten folgende Werte:

Achatit biochromatic:	1,35 g / 0,40 ml
Bio-trey:	1,50 g / 0,40 ml

1.5 Bestimmung der Härtungszeit

Die Bestimmung der Härtungszeit nach der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 ist in der vorher beschriebenen Feuchtluftkammer erfolgt und bei jeweils verschiedenen Temperaturen, Konsistenzen und Prüfkörpergrössen durchgeführt worden. Zweieinhalb Minuten nach Mischungsbeginn muss im Abstand von 30 Sekunden eine Standard-Gillmore-Nadel mit dem Gewicht von 453,6 g und dem Durchmesser des Nadelendes von 1,06 mm auf die Oberfläche des Zementes aufgesetzt werden. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis die Nadel mit ihrem Eigengewicht keinen sichtbaren Eindruck mehr auf der Prüfkörperoberfläche hinterlässt. Die dazu benötigte Zahl an Minuten entspricht der Här-

tungszeit. Die verschiedenen Härtungszeiten können den Tabellen 1-12 entnommen werden.

2. Prüfung auf Craquelé

2.1 Prüfkörperherstellung

Die Herstellung der für die Prüfkörper notwendigen Zementmasse erfolgt genau nach dem in der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 vorgeschriebenen Anrührmodus:

Auf einer dicken, etwa 15 cm langen und 7,5 cm breiten Glasplatte wird die auf 0,01 g genau abgewogene Pulvermenge mit einem Achatspatel, der sauber und frei von erhärteten Zementpartikeln sein muss, in zwei gleiche Teile geteilt. Die zweite Hälfte wird noch einmal halbiert, und neben die auf der Glasplatte befindliche Pulvermenge, die jetzt aus einer Hälfte und zwei Vierteln besteht, werden aus einer geeichten Glasspritze 0,40 ± 0,01 ml Flüssigkeit gegeben. Innerhalb von 15 Sekunden ist nun die Hälfte des Pulvers in die Flüssigkeit einzubringen und gut durchzukneten. In den nächsten 15 Sekunden muss die Hälfte der Restmenge dazugegeben werden, während das verbleibende letzte Viertel in weiteren 15 Sekunden eingemischt wird. Die bis zu der vorgeschriebenen Gesamtmischzeit von einer Minute verbleibenden 15 Sekunden werden zu einem kräftigen Durchspateln der Zementmasse verwendet, wobei keine Pulver- oder Flüssigkeitsreste auf der Anrührplatte zurückbleiben dürfen, so dass eine homogene Masse entsteht.

Der Achatspatel soll linear und nicht kreisförmig bewegt werden, und das Spatelende soll bei jeder Streichbewegung etwa über die halbe Mischfläche der Anrührplatte geführt werden. Der gesamte Vorgang des Mischens wird mit einer Stoppuhr überwacht.

Die so gewonnene Zementmasse wird nach einer bestimmten Reihenfolge in die auf die jeweilige Prüftemperatur vorgewärmten Prüfformen eingebracht. Dabei wird immer zuerst die grosse und dann die kleine Form gefüllt und jede mit einer kleinen Glasscheibe, die mit Polyäthylenfolie überzogen ist, oben und unten abgedeckt. Eine Schraubzwinge hält die beiden Glasplättchen mit der dazwischen befindlichen Form fest zusammen. Bei den Versuchen ohne Abdekkung wird lediglich die auf einer Glasplatte liegende Prüfform gefüllt und die Zementoberfläche mit dem Achatspatel glattgestrichen. Zwei Minuten nach Beginn des Anmischens werden die beiden Formen in die Klimakammer eingebracht.

2.2 Untersuchung der Prüfkörper

Die Entnahme der Prüfformen aus der Feuchtluftkammer erfolgt jeweils zwischen 4 und 22 Minuten in Abständen von zwei Minuten. Dabei wird für jede Untersuchung ein neuer Prüfkörper hergestellt. In umgekehrter Reihenfolge wie beim Einbringen des Zementes werden Schraubzwinge, Glasplatten und Abdeckfolie von den Prüfkörpern entfernt.

Die hierbei verstreichende Zeit von ca. 15 Sekunden entspricht ungefähr klinischen Bedingungen, da diese Zeit erforderlich ist, um die gelegte Füllung nach der Strip-Abnahme mit Zahnlack vor schädigenden äusseren Einflüssen zu schützen. Nach der bereits beschriebenen Replika-Technik werden mit Bioden-Folien Abdrücke von den Zementoberflächen genommen und anschliessend unter dem Lupenmikroskop bei 40-facher Vergrösserung betrachtet.

Abb. 3

Big-trey bei 23° C mit Abdeckung in dünner Konsistenz: Craquelé

(in 80-facher Vergrösserung)

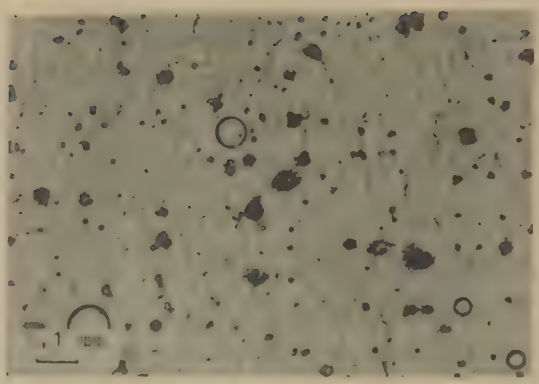


Abb. 4

Big-trey bei 37° C ohne Abdeckung in Standard-konsistenz: Kein Craquelé

(in 80-facher Vergrösserung)

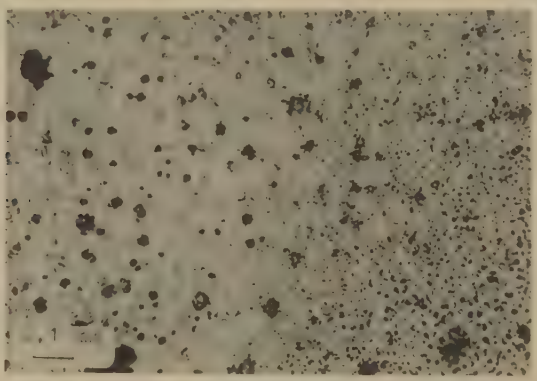
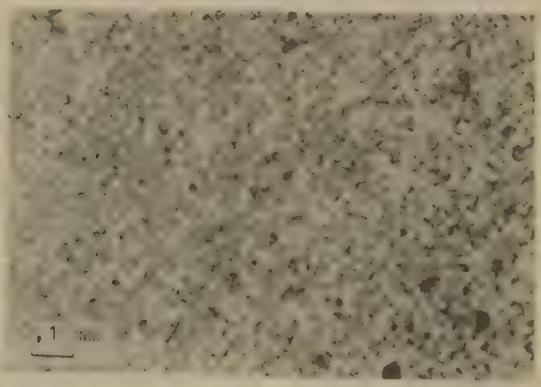


Abb. 5

Big-trey bei 30° C mit Abdeckung in dicker Konsistenz: Kein Craquelé

(in 80-facher Vergrösserung)



Auf den Abbildungen 3-8 sind neben den Craquelierungen auch im Replika-Abdruck eingeschlossene Luftblasen (rund) und Lufteinschlüsse im Zement (dunkel) erkennbar.

Abb. 6

Achatit biochromatic bei 23° C mit Abdeckung in dünner Konsistenz: Craquelé

(in 80-facher Vergrösserung)

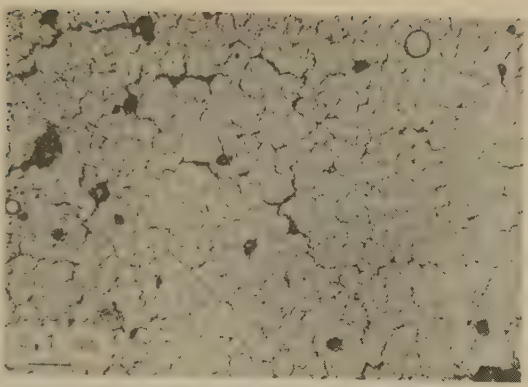


Abb. 7

Achatit biochromatic bei 37° C ohne Abdeckung in Standardkonsistenz: Craquelé

(in 80-facher Vergrösserung)

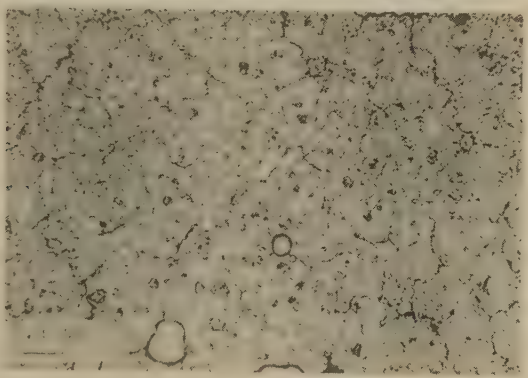
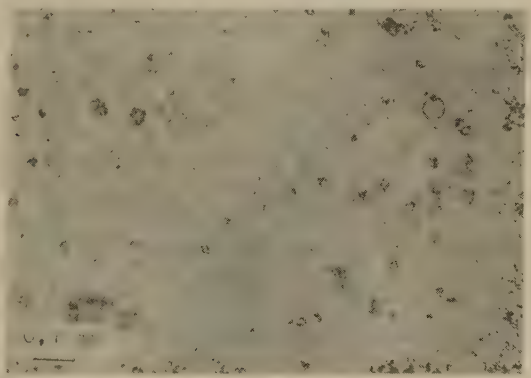


Abb. 8

Achatit biochromatic bei 30° C mit Abdeckung in dicker Konsistenz: Kein Craquelé

(in 80-facher Vergrösserung)



c. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen können im Einzelnen den Tabellen 1-12 entnommen werden. Es ist zu erkennen, dass das Material Bio-trey bei den Versuchen so gut wie gar nicht craqueliert. Lediglich in der dünnen Mischung bei 23 ± 1° C mit Abdeckung treten in einem bestimmten Zeitraum Sprünge auf. Jedoch wird mit diesen Bedingungen auch nicht der Forderung des Herstellers entsprochen, dass während der Abbindephase Mundtemperatur, also mindestens 32° C, herrschen sollen.

Bei dem zweiten Silikatzement, Achatit biochromatic, werden dagegen in jedem untersuchten Temperaturbereich, ob mit oder ohne Abdeckung, Craquelés festgestellt. Nur bei den in dicker Konsistenz hergestellten Prüfkörpern können in keinem Falle Sprünge oder Haarrisse nachgewiesen werden.

Bei beiden untersuchten Silikatzementen entstehen die Craquelierungen immer erst nach Ablauf der Härtungszeit, die in jedem Temperaturbereich am kleinen und am grossen Prüfkörper in allen untersuchten Konsistenzen neu bestimmt worden ist. Bei niederen Temperaturen (23 ± 1° C) craqueliert Achatit biochromatic erst zu einem späten Zeitpunkt über einen längeren Zeitraum. Durch Temperaturerhöhungen während der Abbindephase (30 ± 1° C und 37 ± 1° C) werden eine Vorverlegung des Craquelierungszeitpunktes und eine

Verkürzung des Craquelierungszeitraumes erreicht. Ein früheres Auftreten der Haarrisse kann auch durch Erhöhung des Pulveranteiles erzielt werden. Bei 30 ± 1° C ohne Abdeckung wird dadurch nur eine Verkürzung des Craquelierungsintervalles bewirkt. In fast allen Fällen craquelieren die unabgedeckten Prüfkörper eine oder mehrere Minuten früher als die unter gleichen Bedingungen hergestellten, abgedeckten Prüfkörper.

Die Untersuchungen über die Abhängigkeit der Craquelés von der Prüfkörpergrösse zeigen kein eindeutiges Ergebnis. Mit Ausnahme der Versuche bei 23 ± 1° C ohne Abdeckung, wo die grossen Prüfkörper wesentlich länger als die kleinen craquelieren, sind keine grösseren Unterschiede zwischen den beiden Prüfkörperdimensionen in Bezug auf Zeitpunkt oder Dauer der Craquelierungen festzustellen.

Aus den nachfolgenden Tabellen 1-12 sind die Zeiträume der Craquelierungen sowie die Härtungszeiten ersichtlich. Es bedeuten:

PK kl	:	kleiner Prüfkörper
PK gr	:	grosser Prüfkörper
dünn	:	dünne Konsistenz
stand	:	Standardkonsistenz
dick	:	dicke Konsistenz
+	:	Craquelé
-	:	kein Craquelé
min	:	Minuten

Tabelle 1: Achatit biochromatic m i t Abdeckung, 23° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn	-	-	-	-		-						-	-	+	+	+	+	+	+	-
PK gr dünn	-	-	-	-		-						-	-	+	+	+	+	+	-	-
PK kl stand	-	-	-	-		-	-					+	+	+	-	-		-		-
PK gr stand	-	-	-	-		-	-					+	+	+	-	-		-		-
PK kl dick	-	-	-	-		-						-		-		-		-		-
PK gr dick	-	-	-	-		-						-		-		-		-		-

Tabelle 2: Achatit biochromatic o h n e Abdeckung, 23° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn	-	-	-	-		-						-	+	+	-	-		-		-
PK gr dünn	-	-	-	-		-						-	-	+	+	+	+	+	+	-
PK kl stand	-	-	-	-		-	-					+	+	-		-		-		-
PK gr stand	-	-	-	-		-	-					+	+	+	+	-		-		-
PK kl dick	-	-	-	-		-						-		-		-		-		-
PK gr dick	-	-	-	-		-						-		-		-		-		-

Härtungszeiten bei 23° C

PK kl dünn	16 min	PK gr dünn	13 min
PK kl stand	13 min	PK gr stand	11 min
PK kl dick	10 min	PK gr dick	9 min

Tabelle 3: Achatit biochromatic m i t Abdeckung, 30° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-		-		-						
PK gr dünn	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-		-		-						
PK kl stand	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-		-		-						
PK gr stand	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-		-		-						
PK kl dick	-	-	-	-		-		-		-		-		-						
PK gr dick	-	-	-	-		-		-		-		-		-						

Tabelle 4: Achatit biochromatic o h n e Abdeckung, 30° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-		-		-		
PK gr dünn	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-		-		
PK kl stand	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-		-			-		-		
PK gr stand	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-		-			-		-		
PK kl dick	-	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		
PK gr dick	-	-	-	-		-		-		-		-		-		-		-		

Härtungszeiten bei 30° C

PK kl dünn	9 min	PK gr dünn	8 min
PK kl stand	8 min	PK gr stand	7 min
PK kl dick	7 min	PK gr dick	6 min

Tabelle 5: Achatit biochromatic m i t Abdeckung, 37° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn		-		-		-	+	+	+	-		-		-		-		-		-
PK gr dünn		-		-		-	+	+	-	-		-		-		-		-		-
PK kl stand		-		-	-	+	+	+	-	-		-		-		-		-		-
PK gr stand		-		-	-	+	+	-		-		-		-		-		-		-
PK kl dick		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK gr dick		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-

Tabelle 6: Achatit biochromatic o h n e Abdeckung, 37° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn		-		-	+	+	+	+	-	-		-		-		-		-		-
PK gr dünn		-		-	+	+	+	+	+	+	-	-		-		-		-		-
PK kl stand		-	-	+	+	+	+	-		-		-		-		-		-		-
PK gr stand		-	-	+	+	+	+	-		-		-		-		-		-		-
PK kl dick		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK gr dick		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-

Härtungszeiten bei 37° C

PK kl dünn	6 min	PK gr dünn	5 min
PK kl stand	5 min	PK gr stand	5 min
PK kl dick	4 min	PK gr dick	4 min

Tabelle 7: Bio-trey m i t Abdeckung, 23° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn		-	-	-	+	+	+		+	-		-		-		-		-		-
PK gr dünn		-	-	-	+	+	+		+	-		-		-		-		-		-
PK kl stand		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK gr stand		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK kl dick		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK gr dick		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-

Tabelle 8: Bio-trey o h n e Abdeckung, 23° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK gr dünn		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK kl stand		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK gr stand		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK kl dick		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-
PK gr dick		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-

Härtungszeiten bei 23° C

PK kl dünn	8 min	PK gr dünn	6 min
PK kl stand	6 min	PK gr stand	5 min
PK kl dick	5 min	PK gr dick	4 min

Tabelle 9: Bio-trey m i t Abdeckung, 30° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK gr dünn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK kl stand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK gr stand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK kl dick	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK gr dick	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 10: Bio-trey o h n e Abdeckung, 30° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK gr dünn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK kl stand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK gr stand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK kl dick	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK gr dick	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Härtungszeiten bei 30° C

PK kl dünn	4 min	PK gr dünn	4 min
PK kl stand	4 min	PK gr stand	4 min
PK kl dick	3 min	PK gr dick	3 min

Tabelle 11: Bio-trey m i t Abdeckung, 37° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn	-	-	-	-																
PK gr dünn	-	-	-	-																
PK kl stand	-	-	-	-																
PK gr stand	-	-	-	-																
PK kl dick	-	-	-	-																
PK gr dick	-	-	-	-																

Tabelle 12: Bio-trey o h n e Abdeckung, 37° C

Zeit min	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PK kl dünn	-	-	-	-																
PK gr dünn	-	-	-	-																
PK kl stand	-	-	-	-																
PK gr stand	-	-	-	-																
PK kl dick	-	-	-	-																
PK gr dick	-	-	-	-																

Härtungszeiten bei 37° C

PK kl dünn	3 min	PK gr dünn	3 min
PK kl stand	3 min	PK gr stand	3 min
PK kl dick	3 min	PK gr dick	3 min

III Diskussion der Ergebnisse

Die Ansicht von BAUMANN und BEHAM (2), dass Craquelés durch Dampfdruckgefälle entstehen, ist eine naheliegende Erklärung. Unmittelbar im Anschluss an die Härtungszeit befindet sich der Silikatzement in einem Stadium, in dem der Prüfkörper nach der Messmethodik zwar schon hart, aber noch nicht endgültig ausgehärtet ist, so dass äussere Einflüsse noch möglich sind. Wird er in diesem Zustand der Feuchtluftkammer entnommen, so entweicht aus dem Prüfkörper Feuchtigkeit, und es entstehen Spannungsrisse in der Oberfläche. Ein Ausbleiben dieser Risse findet erst statt, wenn der Prüfkörper so weit ausgehärtet ist, dass er diesen Spannungen widerstehen kann. Je schneller der Silikatzement aushärtet, desto schneller wird eine ausreichende Festigkeit erreicht, die das Reissen der Oberfläche, also das Craquelieren, verhindert.

Bei dem Material Bio-trey wird der Forderung nach einer kurzen Härtungszeit entsprochen. Dieser Zement bindet so schnell ab, dass, mit Ausnahme unter den in Tabelle 7 genannten Bedingungen, keine Craquelés bei Entnahme aus der Feuchtluftkammer mehr entstehen, er also als craquelé-fest bezeichnet werden kann. Trotz dieser kurzen Härtungszeit wird das in der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 geforderte Minimum von drei Minuten niemals unterschritten.

Die von BAUMANN (1) vertretene Ansicht, durch genügend

lange Liegedauer des Strips Craquelé-Freiheit zu erreichen, kann bei den Untersuchungen ebenfalls beobachtet werden. Für Achatit biochromatic beträgt die festgestellte Mindestliegedauer selbst bei 37 ± 1° C und Standardkonsistenz noch 11 Minuten. Dabei ist zu bedenken, dass die in der Praxis angerührten Mischungen meist dünner sind, und die Mundtemperatur beim Legen einer Frontzahnfüllung weniger als 37° C beträgt. Die Liegedauer des Strips würde sich also unter diesen Bedingungen noch um einige Minuten erhöhen (vergleiche Tabelle 3 und 5). Es muss vermutet werden, dass sich auch bei den üblichen Silikatzementen Craquelierungen vermeiden lassen, wenn man die Mischung dick genug wählt. MEYER (22) hat bei den Versuchen mit zunehmendem Pulveranteil bis zu einem optimalen Wert eine Qualitätssteigerung bei der Druckfestikeits- und Löslichkeitsprüfung verzeichnen können. Es sollte daher immer versucht werden, soviel Pulver wie möglich in die Flüssigkeit einzubringen. Neben der damit verbundenen Verkürzung der Härtungszeit und der grösseren Festigkeit kann auch bei Achatit biochromatic Craquelé-Freiheit erreicht werden.

Von EICHNER, LAUTENSCHLAGER und VON RADNOTH (13) werden die von den Sprüngen ausgehenden Erosionen für die Löslichkeit der Silikatzemente verantwortlich gemacht. Eventuell klinisch auftretende Craquelés könnten daher zu einer höheren Löslichkeit der Zemente führen.

Aus den Ergebnissen lassen sich auch die Beobachtungen von DREYER-JØRGENSEN (4) erklären, dass bei der Anwendung von Cellophanmatrizen Craquelierungen vermieden werden können. Da Cellophan wasserdurchlässig ist, kann durch die Matrize ein Ausgleich des Wasserdampfdruckgefälles zu einer Zeit stattfinden, da der Zement noch weich ist, so dass keine Spannungsrisse entstehen können.

Die Tatsache, dass Silikatzemente bei genügend langer Strip-Liegedauer nicht mehr craquelieren, kann auf die vollständige Aushärtung des Zementes unter der Matrize zurückgeführt werden. Craquelé-Freiheit lässt sich allerdings auch bei unabgedeckten Prüfkörpern erreichen, die lange genug, das heisst bis zur völligen Aushärtung, in der Feuchtluftkammer verbleiben. Somit ist das Ausbleiben der Craquelés bei Prüfkörpern ohne Abdeckung nicht, wie von DREYER-JØRGENSEN (5), BAUMANN und BEHAM (2) vermutet, auf das Weglassen der Matrize, sondern auf den geringeren Dampfdruckunterschied unmittelbar nach der Aushärtungsphase zurückzuführen.

Da EICHNER (12) im Munde keine Craquelierungen nachgewiesen hat, erscheint ihre klinische Bedeutung umstritten. Bei Laborversuchen muss die Craquelé-Festigkeit eines Materials jedoch als Qualitätssteigerung angesehen werden, da ein craquelierter Silikatzement eine Oberflächenvergrösserung aufweist und somit schädigenden äusseren Einflüssen mehr Angriffsfläche bietet. Um das Auftreten von

Craquelés zu vermeiden, ergeben sich folgende klinischen Hinweise: Es ist erstrebenswert, entweder einen craquelé-freien Silikatzement zu benutzen, oder einen anderen Zement so zu benutzen, dass er nicht craqueliert, das bedeutet, die Konsistenz so fest wie möglich zu wählen und die Matrize möglichst lange liegen zu lassen. Ausserdem empfiehlt es sich, einen Silikatzement mit einer kurzen Härtungszeit zu verwenden. Da Craquelé-Freiheit auch vom Pulver-Flüssigkeits-Verhältnis abhängt, sollten zur Erreichung einer festen Konsistenz Silikatzemente benutzt werden, die in Kapseln vordosiert sind und maschinell angemischt werden.

C Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sind zwei Silikatzemente in Abhängigkeit von verschiedenem Pulver-Flüssigkeits-Verhältnis, Umgebungstemperatur der Prüfkörper, Prüfkörpergrösse, Abdeckung und Zeitpunkt der Entnahme aus der Feuchtluftkammer auf ihre Craquelé-Festigkeit untersucht worden.

Die Bestimmungen der Standardkonsistenzen und der Härtungszeiten sind nach der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 erfolgt. Die Nachweise der Craquelierungen auf den Prüfkörperoberflächen sind im Replika-Verfahren durchgeführt worden. Für die Untersuchungen sind die manuell anmischbaren Silikatzemente Achatit biochromatic (Vivadent) und Bio-trey (De Trey) verwendet worden, wobei sich folgende Ergebnisse herausgestellt haben:

Bio-trey craqueliert nur in der dünnen Konsistenz bei 23 ± 1° C mit Abdeckung. Bei Achatit biochromatic finden sich Craquelierungen bei 23 ± 1° C, 30 ± 1° C und 37 ± 1° C in der dünnen und in der Standardkonsistenz bei abgedeckten und unabgedeckten Prüfkörpern. In der dicken Mischung craqueliert Achatit biochromatic nicht. Die Craquelés treten in allen Fällen nach Ablauf der Härtungszeit auf. Durch Temperatursteigerung und Erhöhung des Pulveranteiles können der Craquelierungszeitpunkt vorverlegt und der Craquelierungszeitraum verkürzt werden.

Während Bio-trey als craquelé-fester Silikatzement bezeichnet werden kann, lassen sich die Spannungsrisse bei Achatit biochromatic nur durch eine äusserst dicke Mischung (1,55 g Pulver zu 0,40 ml Flüssigkeit) vermeiden. Diese sehr feste Konsistenz ist jedoch nicht praxisüblich und lässt sich auch nur mit einiger Übung zu einer homogenen Mischung anrühren. Zur Vermeidung von Craquelés ist daher die Verwendung von Silikatzementen mit kurzer Härtungszeit, fester Dosierung in Kapseln und maschineller Anmischung sowie eine lange Liegedauer der Matrize zu empfehlen.

D Literaturnachweis

1) BAUMANN, E.: Kritische Untersuchungen zu der Frage: Wann ist ein Silikatzement craqueléfrei?
Quintess. zahnärztl. Lit. 19, 41 (1968)

2) BAUMANN, E. und BEHAM, G.: Untersuchungen über den Einfluss der Feuchtigkeit auf die Craquelierung von Silikatzementen
Zahnärztl. Welt 78, 361 (1969)

3) DREYER-JØRGENSEN, K.: Warum werden Silikatzementfüllungen weiss?
Quintess. zahnärztl. Lit. 7, 35 (1966)

4) DREYER-JØRGENSEN, K.: Craquelé bei Silikatzementen in Abhängigkeit vom Matrizenmaterial
Quintess. zahnärztl. Lit. 19, 51 (1968)

5) DREYER-JØRGENSEN, K.: The Crazing of Silicate Cements
Acta odont. Scand. 27, 321 (1969)

6) DRUM, W.: Craquelé
Quintess. zahnärztl. Lit. 19, 55 (1968)

7) EICHNER, K.: Die Silikat- und Silikophosphatzementfüllung
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 541 (1965)

8) EICHNER, K.: Zahnärztliche Werkstoffe in klinischer Sicht
Dtsch. Zahnärztekalender S. 34, Hanser Verlag, München 1965

9) EICHNER, K.: Werkstoffkundliche Untersuchungen und klinische Betrachtungen zur Füllungstherapie mit Zementen
Dtsch. Zahnärztekalender S. 92, Hanser Verlag, München 1966

10) EICHNER, K.: Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihrer Verarbeitung
Berlinische Verlagsanstalt, Berlin 1967

11) EICHNER, K.: Kritik der Füllungswerkstoffe auf Grund klinischer Untersuchungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 205 (1968)

12) EICHNER, K.: Optische Untersuchungen von Silikatzementoberflächen
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 1457 (1968)

13) EICHNER, K., LAUTENSCHLAGER, E.P., VON RADNOTH, M.: Investigation Concerning the Solubility of Dental Cements
J. Dent. Res. 47, 280 (1968)

14) EIFINGER, F.: Lichtmikroskopische Untersuchungen zur Politur plastischer Füllungsmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 561 (1964)

15) EIFINGER, F.: Die Replika-Technik und ihre Anwendung in der Mundhöhle
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 73, 572 (1963)

16) FÉDÉRATION DENTAIRE INTERNATIONALE: Spezifikation Nr. 5 für Silikatzement
Zahnärztl. Mitt. 57, 223 (1967)

17) FRITZ, W. und KETTERL, W.: Untersuchungen über Silikatzemente mit und ohne Gitterzusatz
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 794 (1966)

18) HATTEMER, A.J. und HATTEMER, W.N.: Bio-trey, ein Fortschritt im Bereich zahnärztlicher Füllungsmaterialien?
Dtsch. Zahnärztebl. 22, 131 (1968)

19) KIMMEL, K.: Bio-trey, ein Silikatzement mit neuen Eigenschaften
Quintess. zahnärztl. Lit. 19, 39 (1968)

20) LÄMMER, W.: Lichtmikroskopische Oberflächenuntersuchungen von Goldgussfüllungen und Zementfüllungen mit Hilfe der Replika-Technik
Med. Diss. Mainz, 1966

21) MAEGLIN, B.: Die Silikatfüllung
Dtsch. Zahnärztebl. 14, 399 (1960)

22) MEYER, E.: Untersuchungen von vier Silikatzementen auf Druckfestigkeit und Löslichkeit nach der F.D.I.-Spezifikation Nr. 5 bei verschiedenem Pulver-Flüssigkeits-Verhältnis
Med. Diss. Berlin (FU), 1969

23) PANTKE, H.: Die Replika-Technik
Stoma (Heidelberg) 9, 86 (1956)

24) REIMER, L.: Elektronenmikroskopische Untersuchungs- und Präparationsmethoden
Springer-Verlag, Berlin 1967

25) RIEDEL, H. und VAHL, J.: Experimentelle Untersuchungen über neuzeitliche Füllungsmaterialien mit Hilfe des Raster-Elektronen-Auflichtmikroskopes
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 476 (1967)

26) RIETHE, P. und LÄMMER, W.: Lichtmikroskopische Oberflächenuntersuchungen von Silikatzementfüllungen
Dtsch. Zahnärztebl. 22, 163 (1968)

27) RÖMPP, H.: Chemie-Lexikon
Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1962

28) SCHROEDER, H.E. und MÜHLEMANN, H.R.: Vergleich von Oberflächenstruktur und Härte bei Super-Syntrex und Bio-trey
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 79, 83 (1969)

29) VIOHL, J.: Die F.D.I.-Spezifikationen-Erprobte Prüfungsvorschriften
Zahnärztl. Rdsch. 76, 193 (1967)

30) WOLF, J.: Über die Herstellung mikroskopischer Präparate der Oberflächen verschiedener Objekte mit Hilfe der Adhäsionsreliefmethode
Zschr. Wiss. Mikrosk. 56, 181 (1939)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. E I C H N E R für die freundliche Überlassung des Themas und die gewährte Unterstützung danken.

Herr Dr. V I O H L führte mich mit steter Bereitschaft zu Rat und Hilfe in dankenswerter Weise durch die Arbeit.

Die Firmen VIVADENT und DE TREY überliessen mir freundlicherweise das für die Versuche benötigte Material.

E Lebenslauf

Am 13. Februar 1943 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Dr. Carl-Heinz Pistorius und seiner Ehefrau Charlotte, geb. Hoffmann, in Goldberg/Schlesien geboren.

1945 kam ich nach Berlin und wurde hier im Herbst 1949 eingeschult. Nach Abschluss der Grundschule im Frühjahr 1955 erfolgte meine weitere Schulausbildung im neusprachlichen Zug der Luise-Henriette-Schule (Oberschule Wissenschaftlichen Zweiges) in Berlin-Tempelhof. Dort legte ich am 1. März 1962 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester des gleichen Jahres wurde ich an der Freien Universität Berlin immatrikuliert, wo ich im Frühjahr 1965 die zahnmedizinische Vorprüfung und drei Jahre später das zahnmedizinische Staatsexamen bestand. Am 16. Mai 1968 erhielt ich meine Bestallung als Zahnarzt. Seitdem bin ich als Assistent in einer zahnärztlichen Praxis tätig.

Meine Dissertation begann ich im Februar 1969.